

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1939-1940. — N° 43

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE PHYSIQUE
DU
SANG CONSERVÉ A LA GLACIÈRE

Travail du Laboratoire de Physique Médicale de la Faculté de Médecine (Professeur WANGERMEZ)

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement le lundi 16 octobre 1939

PAR

Jean-Pierre DELOS

Né à MARMANDE (Lot-et-Garonne), le 30 novembre 1914.

Examineurs de la Thèse	{	MM. WANGERMEZ, professeur	Président.
		RÉCHOU, professeur	Juges.
		FABRE, professeur	
		JEANNENEY, professeur	

BORDEAUX

IMPRIMERIE-LIBRAIRIE DELMAS

6, Place Saint-Christoly, 6

1939



Digitized by the Internet Archive
in 2026

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1939-1940. — N° 43

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE PHYSIQUE
DU
SANG CONSERVÉ A LA GLACIÈRE

Travail du Laboratoire de Physique Médicale de la Faculté de Médecine (Professeur WANGERMEZ)

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement le lundi 16 octobre 1939

PAR

Jean-Pierre DELOS

Né à MARMANDE (Lot-et-Garonne), le 30 novembre 1914.

Examineurs de la Thèse	{	MM. WANGERMEZ, professeur	<i>Président.</i>
		RÉCHOU, professeur	} <i>Juges.</i>
		FABRE, professeur	
		JEANNENEY, professeur	

BORDEAUX

IMPRIMERIE-LIBRAIRIE DELMAS

6, Place Saint-Christoly, 6

1939

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

DOYEN : M. MAURIAC.

ASSESEUR : M. LABAT.

DOYEN HONORAIRE : M. C. SIGALAS.

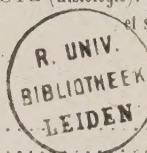
PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. POUSSON, MOURE, BARTHE, DENIGÈS, BEILLE, CASSAËT,
CHAVANNAZ, C. SIGALAS, SABRAZÈS, BÉGOUIN, DUPOUY.

PROFESSEURS :

	MM.		MM.
Clinique médicale.....	MAURIAC.	Zoologie et parasitologie.....	MANDOUL.
id.....	DUPÉRIÉ.	Médecine expérimentale.....	AUBERTIN.
Clinique chirurgicale et gynécologique...	GUYOT.	Clinique ophtalmologique.....	TEULIÈRES.
Clinique chirurgicale.....	PAPIN.	Clinique chirurg. infantile et orthopédie..	ROCHER.
Pathologie et thérapeutique générales...	CARLES.	Clinique méd. des maladies des enfants..	CRUCHET.
Clinique d'accouchements.....	ANDÉRODIAS.	Chimie biologique et médicale.....	MACHEBOEUF.
Anatomie pathol. et microscopie clinique.	DAMADE.	Physique médicale et pharmaceutique....	WANGERMEZ.
Anatomie.....	VILLEMEN.	Médec. coloniale et clin. des mal. exotiques.	BONNIN.
Anatomie générale et histologie.....	G. DUBREUIL.	Clinique des malad. cutanées et syphilitiques	PETGES.
Hygiène.....	LEURET.	Clinique des maladies des voies urinaires.	DUVERGEY.
Médecine légale et déontologie.....	LANDE.	Clinique des malad. nerveuses et mentales.	ABADIE.
Electroradiologie et clin. d'électricité médic.	RÉCHOU.	Clinique d'oto-rhino-laryngologie.....	PORTMANN.
Chimie.....	CHELLE.	Toxicologie et hygiène appliquée.....	LABAT.
Botanique et matière médicale.....	GOLSE.	Hydrologie thérapeutique et climatologie..	CREYX.
Pharmacie.....	VITTE.	Clinique odonto-stomatologique.....	DUBECQ.
Physiologie.....	FABRE.		

MM. LACOSTE (Histologie). PERY (Obstétrique). PERRENS (Maladies mentales). R. SIGALAS (Parasitologie et sciences naturelles). JEANNENEY (Chirurgie générale).



AGRÉGÉS EN EXERCICE :

	MM.		MM.
Anatomie.....	DUFOUR.	Chirurgie générale.....	LOUBAT.
Physiologie.....	N.	id.....	MASSÉ.
Médecine générale.....	PIÉCHAUD.	id.....	DARGET.
id.....	DELMAS-MARSALET.	id.....	N.
id.....	DE GRAILLY.	Obstétrique.....	RIVIÈRE.
id.....	FONTAN.	Ophtalmologie.....	BEAUVIEUX.
id.....	BOUSTET.	Oto-rhino-laryngologie.....	DESPOUS.
id.....	DERVILLEE.	Dermatologie et syphiligraphie.....	JOULIA.
id.....	N.	Physique médicale.....	N.
Chirurgie générale.....	CHARRIER.	Chimie générale pharmaceut. et toxicologie.	N.

COURS COMPLÉMENTAIRES :

	MM.		MM.
Médecine opératoire.....	JEANNENEY.	Ophtalmologie.....	CABANNES (en congé)
Accouchements.....	RIVIÈRE.	Physique médicale et pharmaceut. que ..	AURIAC.
Pathologie médicale.....	DELMAS-MARSALET.	Anatomie.....	J. BEAUVIEUX.
Puériculture.....	FAUGERE.	Chimie minérale.....	CASTAGNOU.
Zoologie et parasitologie.....	R. SIGALAS.	Botanique.....	GIRARD.
Médecine légale.....	DERVILLEE.	Pharmacie galénique.....	MESNARD.
Urologie.....	DARGET.	Bactériologie.....	MOUREAU.
Législation pharmaceutique.....	POPLAWSKI.	Physiologie.....	PETITEAU.

Orthopédie chez l'adulte, pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes. N.

Le Secrétaire de la Faculté : ROUGERIE.

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ne leur donner ni approbation ni improbation.

A MON BEAU-PERE

MONSIEUR LE DOCTEUR MAURICE DORBES

Veuillez trouver dans ce modeste travail un gage nouveau de ma reconnaissance et de ma profonde affection.

A MON MAITRE ET PRESIDENT DE THESE

MONSIEUR LE PROFESSEUR WANGERMEZ

*Professeur de Physique médicale et pharmaceutique,
Radiologiste des Hôpitaux,
Chef adjoint du Service de Radiothérapie et de Curiethérapie
au Centre anticancéreux.
Officier d'Académie.*

Je n'oublierai jamais le jour où, jeune étudiant de première année, vous m'avez accueilli dans le petit laboratoire de Saint-Raphaël et permis de travailler à vos côtés.

Votre exemple journalier a été pour moi d'un enseignement allant bien loin au-delà des études médicales. Il m'a montré le vrai chemin : celui que je dois suivre.

Puisse ce premier travail être pour vous un témoignage de ma vive reconnaissance et de ma profonde gratitude.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE PHYSIQUE DU SANG CONSERVÉ A LA GLACIÈRE

INTRODUCTION

Les grands services qu'a rendus et que rend journellement en thérapeutique la transfusion sanguine ont suscité de toute part une floraison de travaux tendant à la mettre à la portée d'un plus grand nombre de praticiens.

Cette petite intervention, dont le caractère principal est l'extrême urgence, va encore voir, par suite des événements actuels, s'étendre le nombre de ses indications chez les blessés porteurs d'hémorragies graves.

Cependant, un écueil important se dresse, dû en particulier à la multiplicité des cas : la possibilité d'avoir immédiatement à sa disposition un nombre suffisant de donneurs de sang dont les réactions humérales soient connues.

Déjà, en temps de paix, le problème s'était posé, non pas tant pour la quantité que pour la diffusion de l'intervention dans les campagnes éloignées de tout centre équipé. La solution de ce problème paraît être acquise avec la transfusion de sang conservé, technique à laquelle le nom de Jeanneney est attaché en France. Ses services spécialisés fonctionnent à

l'hôpital Tastet-Girard de Bordeaux depuis 1934, et c'est là que nous avons pu nous procurer le sang nécessaire à cette étude.

Depuis deux ans, en effet, le laboratoire de physique de la Faculté de médecine de Bordeaux, sous la direction de notre maître, M. le Professeur Wangermez, a entrepris d'étudier les modifications de l'état physique du sang au cours de sa conservation et d'en tirer des conclusions pratiques quant à la durée possible de sa mise en réserve et aux moyens les plus rationnels d'y parvenir.

Surpris dans nos travaux par la guerre, nous n'avons pu, et nous nous en excusons, terminer entièrement la tâche qui nous avait été assignée. Nous ne pourrions donc qu'exposer uniquement les résultats qui paraissent acquis.

La diversité des mesures physiques effectuées nous a amené à demander la collaboration de nombreux camarades afin d'atteindre toute la précision désirable, chacun étant spécialisé dans une branche. Nous ne saurions trop remercier Mlle Macaire pour le soin tout particulier avec lequel elle effectua les mesures de densité; nos camarades Mesple, pour la tension superficielle; Audouin, pour la cristallisation; Lebas, pour la conductibilité électrique; Labourel, pour la viscosité; Cluzan, pour le pH et le « pouvoir tampon ». D'autres encore nous ont aidé, mais il ne nous est pas possible d'exposer leurs résultats, des vérifications ultérieures étant nécessaires.

Nous ne saurions oublier M. le Docteur Castebert, dont la bienveillance et la sollicitude ont su mitiger notre enthousiasme un peu vif d'un calme méthodique et raisonné sans lequel nous aurions eu bien de la peine à coordonner nos efforts.

CHAPITRE PREMIER

PRELEVEMENT DU SANG POUR LA TRANSFUSION

Nous nous sommes proposé, dans ce premier chapitre, d'exposer brièvement les principales techniques de prélèvement du sang pour la transfusion et de dire quelques mots sur les divers stabilisants utilisés.

Le principal obstacle s'élevant contre la transfusion est la coagulation rapide et spontanée du sang extravasé. C'est donc à ce phénomène que l'on s'attaqua d'abord. Ce furent les anastomoses d'artères à veines (Carrel, Guthrie, Crile), puis l'emploi de sang défibriné par « battage » ou conservé dans des vases paraffinés. La découverte des propriétés anticoagulantes du citrate de soude permit la réalisation pratique de la transfusion (Hustin, Agote) et son introduction aux armées, en 1917, par Hédon et Jeanbrau. On s'attacha ensuite à trouver de nouveaux anticoagulants : sulfarsénol, héparine, hirudine, pour ne citer que les plus connus.

Cependant la question des donneurs de sang commença à se poser de plus en plus impérieusement, et c'est ainsi que vint l'idée de conserver du sang plusieurs jours afin de pouvoir l'utiliser plus rapidement et plus commodément. A la suite des travaux de Shamoff et de Judine sur la transfusion du sang de cadavre, méthode inapplicable en France, et, par suite de plusieurs accidents mortels, on commença la transfusion de sang conservé d'un donneur vivant. Les premières publications en date sont celles de Tenconi et Palazzo, de Buenos-Ayres, et celles de Jeanneney, Servantie et Jullien-Viéroz, en France. Ce sont les techniques de ces derniers que nous allons rapidement exposer.

Le stabilisant le plus employé est sans nul doute le citrate de soude, que l'on utilise à la dose de 4 grammes pour

1.000 grammes de sang, soit 40 cm³ de la solution à 10 p. 400 pour un ballon de 250 grammes.

La toxicité du citrate de soude est très légère et ne paraît pas être en cause dans les chocs observés parfois. D'autre part, sa légère action hémostatique ne peut être qu'utile chez les hémorragiques.

Le sulfarsénol peut amener, dans les cas de transfusions massives, des accidents arsenicaux.

L'héparine, de prix élevé, peut être soit administrée au donneur, qui devient un hémophile pendant quelques heures, soit ajoutée au sang recueilli.

Nous citerons également :

- les solutions physiologiques citratées;
- le sérum glucosé et citaté.

Récolte et transfusion par le procédé anaérique de Jeanneney, Servantie et Jullien-Vieroz.

Les opérations se font à l'abri de l'air avec le même ballon : récolte, conservation, transfusion.

Le ballon est d'une contenance d'environ 300 cm³; il est en verre Pyrex. Par un orifice du bouchon passe un tube permettant de réaliser un vide partiel à l'intérieur; par un second orifice passe une tubulure en Y dont une branche est reliée par un tube de caoutchouc à l'aiguille de ponction, l'autre supporte un réservoir d'où s'écoule la solution de citrate de soude à 5 p. 400 à la cadence voulue, grâce à une vis à pression sur le tube.

Le ballon est ensuite porté et conservé à la glacière à une température de + 4° jusqu'à son emploi.

A ce moment, on le réchauffe au bain-marie à 39°, on adapte à une tubulure latérale un tube de caoutchouc sur le trajet duquel se trouvent un filtre en toile de soie à bluter (mailles de 200 μ), une pince à vis réglant l'écoulement et un compte-gouttes; à l'extrémité du tube s'adapte l'aiguille qui doit ponctionner.

Récolte et transfusion par le procédé de l'ampoule.

On se sert d'une ampoule de 250 cm³, dans laquelle on fait d'abord pénétrer par aspiration 10 cm³ de la solution de citrate à 10 p. 100, puis on ponctionne la veine du donneur. L'ampoule pleine, on scelle les deux extrémités à la flamme et on la conserve à la glacière à + 4°. Pour l'utilisation, il suffit de faire une simple injection intraveineuse, après avoir filtré comme précédemment.

Pour les recherches qui vont suivre, le sang fut prélevé par ponction veineuse et réparti après stabilisation dans de petites ampoules de 5 cm³ scellées à la flamme. Le stabilisateur employé fut uniquement le citrate de soude.

Certaines mesures ont été effectuées isolément sur des sangs différents; d'autres, au contraire, furent réalisées simultanément sur des échantillons d'un même sang.

CHAPITRE II

MODIFICATIONS PHYSIQUES VISIBLES A L'ŒIL

Les modifications macroscopiques du sang durant sa conservation sont un premier élément à retenir pour connaître sa valeur dans la transfusion et le moment à partir duquel il n'est plus acceptable.

Le sang frais, stabilisé, recueilli dans un ballon, se divise plus ou moins rapidement (en général quelques heures suffisent) en trois couches :

— une couche supérieure, assez limpide ou légèrement opalescente, de couleur jaune clair ou jaune verdâtre, qui est formée par le plasma et l'anticoagulant.

— une couche intermédiaire, d'aspect blanc grisâtre et de faible épaisseur, formant comme un feutrage au-dessus des hématies et composée de leucocytes et de plaquettes;

— une couche inférieure, de coloration rouge, plus ou moins foncée suivant les sangs, résultant de la sédimentation des globules rouges.

Le sang conservé présente au bout d'un temps variable, entre le 8^e et le 16^e jour en général, suivant le stabilisateur utilisé et le mode de conservation, des modifications spontanées dont la plus extériorisée est l'hémolyse. En effet, on note une coloration rouge de plus en plus marquée de la couche intermédiaire qui laisse bientôt diffuser dans la couche supérieure une teinte rosée qui va en s'estompant vers le haut. Si l'on agite alors le ballon pour rétablir le contact des hématies avec le plasma et qu'on laisse la sédimentation s'effectuer à nouveau, on note que le liquide surnageant est fortement teinté de rouge : l'hémolyse partielle des hématies dont la résistance globulaire a été diminuée par la conserva-

tion s'est produite. D'autre part, la couche intermédiaire ne reparait pas et reste sous forme de filaments ou de fines particules dans le culot de sédimentation.

On a pu observer dans certains cas le développement de colonies microbiennes dans les ampoules : le contenu devient alors semblable à une bouillie noirâtre d'odeur repoussante.

Le sang conservé dans de bonnes conditions n'a absolument aucune odeur lors de l'ouverture des ampoules.

Ces modifications macroscopiques nous permettent de tirer trois enseignements essentiels :

— Le prélèvement et les manipulations doivent être effectués avec le maximum de précautions d'asepsie et le malade étant à jeun : les méthodes anaériques bien conduites permettent d'atteindre ce but.

— Le sang doit être conservé au repos le plus absolu possible pour éviter de dissocier la couche intermédiaire qui paraît jouer un rôle protecteur vis-à-vis de l'hémolyse précoce des hématies.

— Il est nécessaire d'effectuer un filtrage suffisant pour arrêter les particules provenant de la dissociation de la couche intermédiaire ou les petits caillots qui auraient pu se former lors du prélèvement à la suite d'une erreur de technique.

CHAPITRE III

MODIFICATIONS DANS L'ETAT PHYSIQUE

Ces études ont porté sur un certain nombre de propriétés physiques soit du sang total, soit du plasma surnageant par simple repos ou après centrifugation.

Nous avons pensé étudier successivement :

- densité;
- pression osmotique;
- conductibilité électrique;
- dialyse-ultra filtration;
- tension superficielle;
- viscosité;
- indice de réfraction;
- constante diélectrique;
- pouvoir rotatoire;
- spectroscopie-adsorption;
- pH et pouvoir tampon;
- sédimentation et état électrique des éléments du sang.

Plusieurs de ces points ont été acquis avec la plus grande précision qu'il nous a été possible d'y apporter, ce sont ceux-là mêmes que nous exposerons dans ce travail; pour les autres, quoique leur étude en soit très avancée, nous ne pouvons les publier qu'après de nouvelles vérifications.

I. — *Densité.*

Avec la collaboration de Mlle Macaire, nous avons étudié la densité du plasma du sang citraté. Ce plasma a été obtenu

par la centrifugation effectuée immédiatement avant la mesure. Pour chaque échantillon de sang conservé en ampoules de 5 cm³ scellées, comme il a été dit plus haut, la durée de la centrifugation a été la même.

Les mesures ont été effectuées par la méthode du flacon et ont porté toutes sur la même quantité de plasma, soit 1 cm³. Les densités ont été calculées par rapport à l'eau.

Série de mesures effectuées sur des sangs différents.

SANG N° 52.

Prélevé et utilisé le samedi 4 mars....	d = 1,044
Utilisé le mercredi 22 mars (18 ^e jour)....	d = 1,038

SANG N° 53.

Prélevé et utilisé le 9 mars.....	d = 1,03
Utilisé le 22 mars (13 ^e jour).....	d = 1,07

SANG N° 62.

Prélevé et utilisé le 27 mars.....	d = 1,036
Utilisé le 31 mars (4 ^e jour).....	d = 1,039

SANG N° 63.

Prélevé et utilisé le 27 mars.....	d = 1,033
Utilisé le 31 mars (4 ^e jour).....	d = 1,037

Mesures échelonnées faites sur un même sang.

SANG N° 68.

1 ^{er} jour (mercredi 26 avril).....	d = 1,036
7 ^e jour (mardi 2 mai).....	d = 1,037
14 ^e jour (mardi 9 mai).....	d = 1,038
17 ^e jour (vendredi 12 mai).....	d = 1,039
24 ^e jour (vendredi 19 mai).....	d = 1,038
38 ^e jour (jeudi 1 ^{er} juin).....	d = 1,039

De l'examen de ces résultats, il nous paraît acquis que la densité du plasma du sang citraté conservé augmente légèrement, que cette augmentation est surtout rapide les premiers jours, puis tend à s'atténuer, comme le laissent prévoir les densités du sang n° 68.

II. — Conductibilité électrique.

La méthode que nous avons utilisée dans ces mesures est la méthode classique par le pont de Kohlraush.

Nous rappellerons pour mémoire que ce pont ne diffère de celui de Wheatstone qu'en deux points : la source de courant, au lieu d'être une pile, est une bobine d'induction; le galvanomètre est remplacé par un téléphone. Pour effectuer une mesure, il suffit de déplacer le curseur sur le fil jusqu'au moment où l'on n'entend plus rien dans l'écouteur.

L'alimentation par courant d'induction empêche les phénomènes de polarisation qui fausseraient les résultats. Le plasma à étudier est placé dans une électrode d'Ostwald (récipient muni de deux électrodes en platine platiné et situés à une distance fixe l'une de l'autre).

On commence par étalonner l'électrode d'Ostwald avec une solution de conductibilité connue C , dont la résistante R est mesurée. Après lavage soigneux du récipient, on fait de même avec la solution de conductibilité inconnue Cx , dont la résistance mesurée est R' .

Nous avons alors :

$$\frac{Cx}{C} = \frac{R}{R'} \quad \text{d'où :} \quad Cx = C \frac{R}{R'}$$

Pour toutes nos mesures, nous avons utilisé comme étalon une solution de ClK pur à $\text{N}/50$, de conductibilité $C = 2,002015$, l'électrode d'Ostwald étant dans un bain-marie à 20° .

Une première étude a été effectuée sur du sang de cheval prélevé, stabilisé et conservé suivant la même technique que le sang humain.

Les résultats ci-dessous ont été obtenus en collaboration avec notre camarade Lebas; ils ont porté sur le plasma normal, puis dilué au 1/10, 1/100, 1/1000 :

Sang frais :

	R (ohms)	l l (cm.)	Résistance (ohms)	Conductivité
Normal	40	53	41,28	0,01334
Dilué au 1/10..	70	53,5	80,5	0,00186
Dilué au 1/100.	600	54	704,3	0,000213
Dilué au 1/1000	2000	71,2	4896	0,0000306

10^e jour :

	R (ohms)	l l (cm.)	Résistance (ohms)	Conductivité
Normal	40	50,7	40,3	0,01457
Dilué au 1/10..	70	47,7	63,8	0,00235
Dilué au 1/100.	600	47,2	536	0,00028
Dilué au 1/1000	2000	64,2	3586	0,0000418

13^e jour :

	R (ohms)	l l (cm.)	Résistance (ohms)	Conductivité
Normal	40	49,5	9,9	0,01515
Dilué au 1/10..	70	50	70	0,00214
Dilué au 1/100.	600	40	400	0,000375
Dilué au 1/1000	2000	56,2	2566	0,0000384

17^e jour :

	R (ohms)	l l (cm.)	Résistance (ohms)	Conductivité
Normal	40	52,2	10,9	0,01376
Dilué au 1/10..	70	51	73	0,00205
Dilué au 1/100.	600	48,5	56,5	0,000265
Dilué au 1/1000	2000	62	2583	0,0000326

On remarquera que la conductivité du plasma citraté a augmenté progressivement pendant les 15 premiers jours. On observe ensuite une variation en sens inverse. Des variations analogues ont assez souvent été observées. Souterbicz,

dans sa thèse, a signalé des variations du même genre dans la teneur en polypeptides.

Voici maintenant une série de résultats obtenus dans l'étude d'un sang humain conservé du 22 avril au 9 juin, soit pendant une cinquantaine de jours.

Mercredi 26 avril (4 jours après la prise de sang) :

	R (ohms)	l l (cm.)	Résistance (ohms)	Conductivité
Plasma citraté normal	11	50,7	11,1	0,01475
Plasma citraté dilué au 1/10...	70	49	67,2	0,00245
Plasma citraté dilué au 1/100..	650	49	624,5	0,000250
Plasma citraté dilué au 1/1000.	4000	47	3547,1	0,0000200
Kcl N/50	65	50,5	66	0,002501 1° 20°

Vendredi 28 avril :

	R (ohms)	l l (cm.)	Résistance (ohms)	Conductivité
Plasma citraté normal	11	53,5	12,6	0,0130
Plasma citraté dilué au 1/10...	70	51	72,8	0,00225
Plasma citraté dilué au 1/100..	650	49,5	637,1	0,000250
Plasma citraté dilué au 1/1000.	4000	56	5090,9	0,0000300
Eau de dilution	11000	54,5	13176	0,0000125
Kcl N/50	65	50,5	66	0,002501 1° 20°

Lundi 1^{er} mai (sang hémolysé) :

	R (ohms)	l l (cm.)	Résistance (ohms) R	Conductivité
Plasma citraté normal	11	48,7	10,3	0,0162
Plasma citraté dilué au 1/10...	70	47,5	63,3	0,00262
Plasma citraté dilué au 1/100..	650	47	576,4	0,000275
Plasma citraté dilué au 1/1000.	4000	45	3273	0,0000300
Eau de dilution	11000	55	13444	0,0000122
Kcl N/50	65	51	67	0,002501 1° 20°

Jeudi 4 mai :

	R (ohms)	l l (cm.)	Résistance (ohms)	Conductivité
Plasma citraté normal	11	52	11,8	0,0142
Plasma citraté dilué au 1/10...	70	51	72,8	0,00232
Plasma citraté dilué au 1/100..	650	49	624,5	0,000250
Plasma citraté dilué au 1/1000.	4000	51,5	4248	0,0000375
Eau de dilution	11000	56,5	14290	0,0000147
Kcl N/50	65	51,5	68	0,002501

Lundi 8 mai :

	R (ohms)	l l (cm.)	Résistance (ohms)	Conductivité
Plasma citraté normal	11	48	10,1	0,0152
Plasma citraté dilué au 1/10...	70	49	67,2	0,00230
Plasma citraté dilué au 1/100..	650	48	600	0,000250
Plasma citraté dilué au 1/1000.	4000	50,5	4000	0,0000375
Eau de dilution	11000	54,5	13176	0,0000117
Kcl N/50	65	48,5	62	0,002501 t° 20°

Jeudi 11 mai :

	R (ohms)	l l (cm.)	Résistance (ohms)	Conductivité
Plasma citraté normal	11	48	10,1	0,0152
Plasma citraté dilué au 1/10...	70	49,5	68,5	0,00233
Plasma citraté dilué au 1/100..	650	48,5	612,1	0,000250
Plasma citraté dilué au 1/1000.	4000	47,5	36180	0,0000425
Eau de dilution	11000	51	11441	0,0000137
Kcl N/50	65	49	63,5	0,002501 t° 20°

Lundi 15 mai :

	R (ohms)	l l (cm.)	Résistance (ohms)	Conductivité
Plasma citraté normal	11	47,5	9,9	0,0162
Plasma citraté dilué au 1/10 ...	70			
Plasma citraté dilué au 1/100..	650			
Plasma citraté dilué au 1/1000.	4000			
Eau de dilution	11000			
Kcl N/50	65	50	65	0,002501 t° 20°

Vendredi 19 mai :

	R (ohms)	l l (cm.)	Résistance (ohms)	Conductivité
Plasma citraté normal	11	47,5	9,9	0,0162
Plasma citraté dilué au 1/10...	70	50,5	71,4	0,00227
Plasma citraté dilué au 1/100..	650	50	650	0,000250
Plasma citraté dilué au 1/1000.	4000	49	3843,1	0,0000425
Eau de dilution	11000	51	11441	0,0000140
Kcl N/50	65	50	65	0,002501 t° 20°

Lundi 22 mai :

	R (ohms)	l l (cm.)	Résistance (ohms)	Conductivité
Plasma citraté normal	11	46,5	9,5	0,0172
Plasma citraté dilué au 1/10...	70	50	70	0,00235
Plasma citraté dilué au 1/100..	650	48	600	0,000275
Plasma citraté dilué au 1/1000	4000	50	4000	0,0000400
Eau de dilution	11000	50,5	11222	0,0000145
Kcl N/50	65	50,5	66	0,002501 t° 20°

Jeudi 25 mai :

	R (ohms)	l l (cm.)	Résistance (ohms)	Conductivité
Plasma citraté normal	41	41,5	7,7	0,0212
Plasma citraté dilué au 1/10...	70	47,5	63,3	0,00255
Plasma citraté dilué au 1/100..	650	48	600	0,000250
Plasma citraté dilué au 1/1000.	4000	49	3843,4	0,0000400
Eau de dilution	11000	50	11000	0,0000147
Kcl N/50	65	50	65	0,002501

t° = 20°

Samedi 3 juin :

	R (ohms)	l l (cm.)	Résistance (ohms)	Conductivité
Plasma citraté normal	41	38	6,7	0,0242
Plasma citraté dilué au 1/10...	70	47	62,4	0,00260
Plasma citraté dilué au 1/100..	650	48	600	0,000250
Plasma citraté dilué au 1/1000.	4000			
Eau de dilution	11000			
Kcl N/50	65	50	65	0,002501

Mardi 6 juin :

	R (ohms)	l l (cm.)	Résistance (ohms)	Conductivité
Plasma citraté normal	41	31	4,9	0,0330
Plasma citraté dilué au 1/10...	70	47	62,4	0,00260
Plasma citraté dilué au 1/100..	650	47	576,4	0,000300
Plasma citraté dilué au 1/1000.	4000	46	3407	0,0000450
Eau de dilution	11000	50	11000	0,0000147
Kcl N/50	65	50	65	0,002501

Vendredi 9 juin :

	R (ohms)	l l (cm.)	Résistance (ohms)	Conductivité
Plasma citraté normal	41	44	8,6	0,0262
Plasma citraté dilué au 1/10...	70	47,5	63,3	0,00267
Plasma citraté dilué au 1/100..	650	49	624,5	0,000275
Plasma citraté dilué au 1/1000.	4000	50	4000	0,0000425
Eau de dilution	11000	51	11441	0,0000145
Kcl N/50	65	51	68	0,002659

t° 22°

Les figures 4, 2 et 3 représentent graphiquement ces variations de la conductibilité au cours de la conservation.

Il faut remarquer ici que les expériences de Buglia avaient déjà montré que la conductibilité du sérum sanguin augmente par le vieillissement et la conservation.

Dans l'étude du plasma citraté obtenu par centrifugation du sang conservé, nous arrivons à des résultats qui représentent la somme de deux phénomènes :

1° l'augmentation de conductibilité normale du sérum;

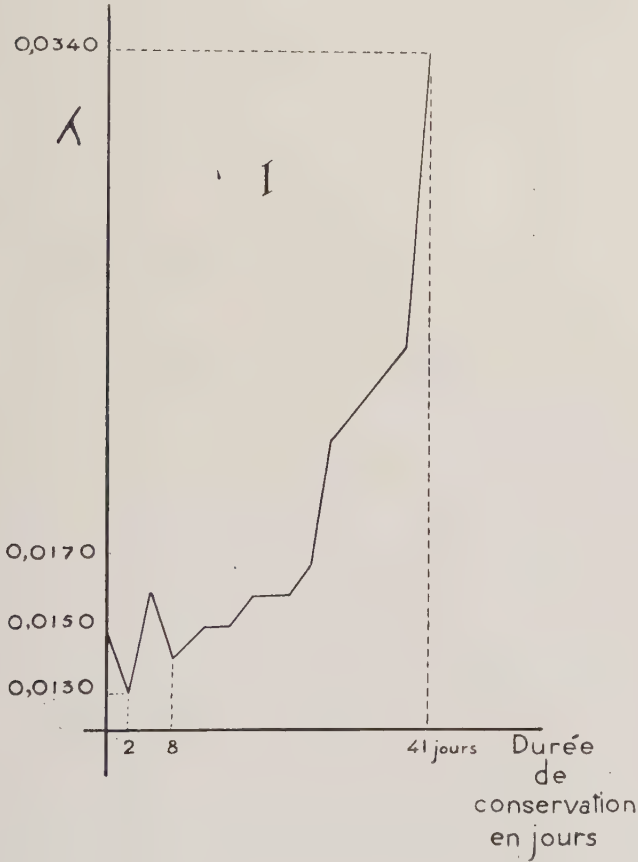


FIG. 1. — Conductivité sérum normal.

2° l'augmentation de conductibilité due au contact hématis-plasma et aux échanges qui peuvent en résulter; cette augmentation montre le passage d'éléments des hématies dans le plasma.

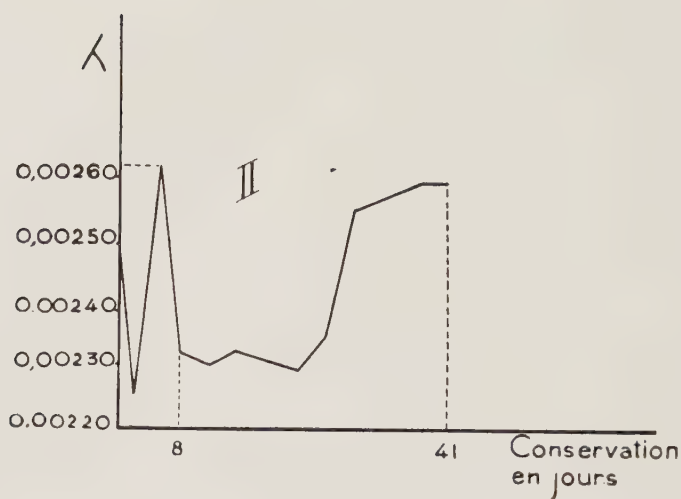


FIG. 2. — Conductivité sérum dilué au 1/10°.

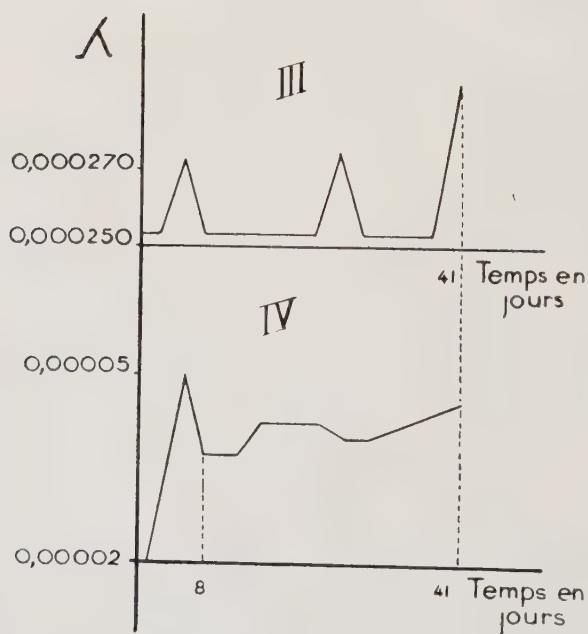


FIG. 3. — Conductivité sérum dilué : III au 1/100°; IV au 1/1.000°.

III. — *Viscosité.*

Dans les mesures de viscosité au cours de la conservation du sang à la glacière, nous n'avons pas eu en vue la mesure de la viscosité absolue, mais les variations de viscosité du plasma citraté conservé au contact des hématies. Nous avons donc utilisé, avec notre camarade Labourel, une méthode de mesure relative, et toutes nos déterminations ont été effectuées, avec le viscosimètre d'Ostwald, dans les mêmes conditions de température :

SANG N° 57.

Jour du prélèvement	0,01420
Après 8 jours	0,01742

SANG N° 61.

Jour du prélèvement	0,01436
Après 5 jours	0,01500

SANG N° 63.

Jour du prélèvement	0,01818
Après 3 jours	0,01886

SANG N° 65.

Jour du prélèvement	0,01549
Après 20 jours	0,01767

SANG N° 66.

Jour du prélèvement	0,01420
Après 8 jours	0,01702

Série de mesures portant sur un mélange de plusieurs sangs du même groupe réparti en ampoules :

SANG N° 70.

Jour du prélèvement	0,0169
Conservé 3 jours	0,0177
Conservé 7 jours	0,01778

Conservé 11 jours	0,0181
Conservé 21 jours	0,0182
Conservé 25 jours	0,01881
Conservé 32 jours	0,01882
Conservé 37 jours	0,01884

De l'ensemble des résultats on peut noter une augmentation croissante de la viscosité. Cette augmentation est beaucoup plus marquée pendant les 20 premiers jours de la conservation. Elle reste ensuite stationnaire. D'une façon générale, cependant, ces modifications de la viscosité sont peu marquées.

IV. — *Indice réfractométrique.*

L'indice réfractométrique du plasma citraté obtenu après centrifugation du sang conservé à la glacière a été étudié par Jeanneney, Wangermez et Leymarie. Les résultats de ces mesures, qui ont été rapportées à la Société de biologie, montrent que l'indice réfractométrique varie peu au cours de la conservation. Seuls, quelques sangs dont le prélèvement et la conservation laissaient à désirer ont présenté à partir d'une quinzaine de jours des modifications assez considérables.

V. — *Pouvoir rotatoire.*

On sait que le sérum sanguin possède à l'état normal un pouvoir rotatoire gauche et un pouvoir rotatoire droit, masqué par le premier. La déviation à gauche du plan de polarisation est seule apparente. Il est facile de faire apparaître le pouvoir droit en précipitant les albumines.

Nous avons pratiqué nos recherches à l'aide du polarimètre de Laurent et d'une cuve de 2 centimètres d'épaisseur. Les modifications sont infimes et le pouvoir rotatoire persiste normal jusqu'à l'apparition de l'hémolyse.

VI. — *Tension superficielle.*

Les mesures de tension superficielle ont été effectuées à l'aide du tonomètre de Lecomte du Nouy. De grandes précautions sont évidemment nécessaires dans le nettoyage de la verrerie et dans les manipulations. La moindre souillure peut fortement modifier les résultats. La précision est donc loin d'atteindre celle qui paraît découler des conditions théoriques d'application de cet appareil.

Nous avons utilisé l'appareil sans moteur, et l'expérience nous a montré qu'un technicien exercé peut arriver à une approximation nettement supérieure à celle des résultats des différentes précautions ci-dessus indiquées.

Voici quelques-uns des résultats obtenus :

SANG DE CHEVAL CONSERVÉ A LA GLACIÈRE.

Ce sang a été conservé en ampoules de 5 cm³, toutes remplies en même temps; le sang conservé au repos est agité et homogénéisé avant la mesure :

Temps de conservation —	T. S. dynamique —	T. S. statique ap. 1 h. 30 de repos —
Jour du prélèvement (17 nov. 1938)	»	60,1
3 jours	»	60,4
5 jours	»	60,4
7 jours	56,4	59,4
9 jours	58,8	60,5
12 jours	59,6	61,4
14 jours	59,1	61,2
17 jours	57,6	59,9
20 jours	56,7	59

Ces chiffres montrent simplement quelques oscillations de faible importance autour de sa valeur primitive. Après

20 jours de conservation, la tension superficielle est encore pratiquement identique à sa valeur primitive.

L'étude de la méthode de Lecomte du Nouy ayant montré à de nombreux auteurs l'incertitude des résultats en ce qui concerne la tension superficielle dynamique, nous nous sommes borné à un seul arrachement de l'anneau après 1 h. 30 de repos. Les résultats obtenus sur un certain nombre de sangs sont reproduits dans les tableaux suivants :

	T. S. (dynes/cm.)
SANG N° 27, recueilli le 8 février 1938 :	
Le 8 février 1938	55,2
Après 11 jours de conservation	56,9
Après 18 jours	53,7
Après 28 jours	52,4
SANG N° 28, recueilli le 10 février 1938 :	
Le 10 février 1938	57,1
Après 2 jours de conservation	58,4
Après 9 jours	59,8
Après 16 jours	56,4
Après 24 jours	53,3
SANG N° 29, recueilli le 18 février 1938 :	
Le 18 février 1938	64,3
Après 8 jours de conservation	54,1
Après 16 jours	52,8
SANG N° 30, recueilli le 14 mars 1938 :	
Le 14 mars 1938	53,3
Après 4 jours de conservation	53,7
Après 7 jours	52,9
SANG N° 31, recueilli le 25 avril 1938 :	
Le 25 avril 1938	54,8
Après 12 jours de conservation	53,2
Après 21 jours	53,8

SANG N° 32, recueilli le 2 mai 1938 :	T. S. (dynes/cm.)
Le 2 mai 1938	56
Après 7 jours de conservation	52,3
Après 21 jours	55,3

SANG N° 23, recueilli le 13 décembre 1937 :	
Le 13 décembre 1937	55,2
Après 4 jours de conservation	53,5
Après 15 jours	61,3

SANG N° 25, recueilli le 24 janvier 1938 :	
Le 24 janvier 1938	62,6
Après 3 jours de conservation	59,5
Après 11 jours	52,3
Après 22 jours	51

SANG N° 26, recueilli le 12 janvier 1938 :	
Le 12 janvier 1938	50
Après 6 jours de conservation	53,4
Après 27 jours	54

On peut noter que les sangs 23, 24, 25, conservés dans de mauvaises conditions, présentent des variations nettement aberrantes.

Les autres présentent des modifications plus parallèles et surtout peu importantes. C'est ainsi que le sang n° 29 passe de 54,3 dynes à 52,8 dynes/cm. Après 16 jours de conservation, le sang n° 30 passe seulement de 53,3 dynes/cm. à 52,9 dynes/cm. Après 7 jours, le sang n° 31 passe seulement de 54,8 dynes/cm. à 53,8 dynes/cm. après 21 jours, et, enfin, le sang n° 32 passe de 56 dynes/cm. à 55,3 dynes/cm. après 21 jours de conservation.

Ces mesures confirment elles aussi le fait déjà observé en clinique que le sang conservé à la glacière garde longtemps

les caractères du sang vivant. Certains auteurs prétendent que le sang citraté peut être utilisé pendant plusieurs mois; nous nous proposons de suivre quelques sangs durant un laps de temps plus long.

Les variations aberrantes présentées rapidement par quelques sangs mal conservés nous expliquent pourquoi d'autres auteurs, en s'appuyant sur l'expérience de la guerre d'Espagne, prétendent que le sang conservé n'est utilisable que pendant quelques jours. Ces sangs, soumis à de multiples déplacements, même aériens, n'ont pu, comme les sangs laissés bien au repos, garder tous leurs caractères naturels : ils auraient dû être rapidement employés.

De ces mesures et de celles déjà publiées antérieurement, nous pensons qu'on peut tirer des conséquences importantes sur la nécessité de standardiser le prélèvement et la conservation du sang citraté en vue de la transfusion.

VII. — *La concentration en ions H.*

Les mesures de pH du sang conservé ont été effectuées au laboratoire à l'aide de l'électrode tournante de Lecomte du Nouy. Un potentiomètre construit au laboratoire, et dont on trouvera la description dans les *Archives d'électricité médicale*, a permis de faire, non seulement des mesures de pH, mais de tracer des courbes de saturation.

Nous n'avons pas à notre disposition une assez grande quantité d'expériences pour en tirer des conclusions importantes et définitives. Signalons simplement que nous avons pu mettre en évidence le fait que le pH du sang conservé varie extrêmement peu au cours de la conservation. Ce n'est qu'après plusieurs semaines passées à la glacière que le pH s'élève légèrement vers l'alcalinité et atteint 7,7, 7,8. Cette élévation est extrêmement lente pour le sang bien conservé.

VIII. — *Cristallisation du sang conservé à la glacière.*

Lorsqu'on fait évaporer une solution contenant du chlorure de sodium et des colloïdes, on constate que le chlorure de sodium ne se dépose pas en cristaux cubiques, comme dans les solutions purement cristalloïdes de ce sel. Un certain nombre de molécules de chlorure de sodium sont adsorbées par les molécules colloïdales et les suivent à la surface du liquide. L'évaporation de la solution ne détermine donc plus la concentration en sel de la solution. Au fur et à mesure que le liquide régresse sur la paroi du récipient (verre de montre) qui le contient, les molécules adsorbantes et adsorbées se déposent.

La dernière goutte qui va rester au centre du verre de montre est beaucoup plus pauvre que la solution primitive en colloïdes et en sels et ne donnera que de rares cristaux. Les colloïdes déplacent donc les cristalloïdes vers l'extérieur, et on peut, pour certaines concentrations, voir apparaître des anneaux concentriques plus ou moins réguliers.

Nous avons recherché les figures de cristallisations du plasma citraté au cours de la conservation du sang à la glacière. Voici quelques-uns des résultats obtenus :

PLANCHE I

PHOTOGRAPHIE 1 : Représente les figures de cristallisation d'un plasma citraté conservé pendant 52 jours et dilué à 1/10.000 dans une solution de NaCl à 8 0/00.

PHOTOGRAPHIE 2 : Plasma frais dilué à 1/10.000 dans NaCl à 8 0/00.

PHOTOGRAPHIE 3 : Plasma frais dilué à 10 0/0 dans eau.

PHOTOGRAPHIE 4 : Plasma conservé 52 jours et dilué à 10 0/0 dans eau.

PHOTOGRAPHIE 5 : Plasma conservé 4 jours et dilué à 1/10,000 NaCl à 8 0/00.

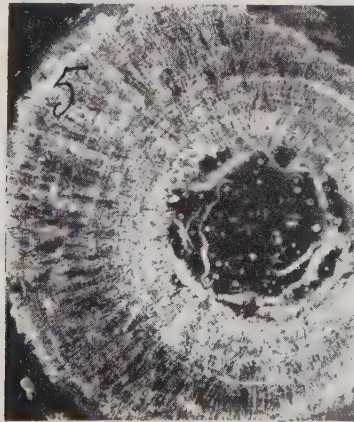
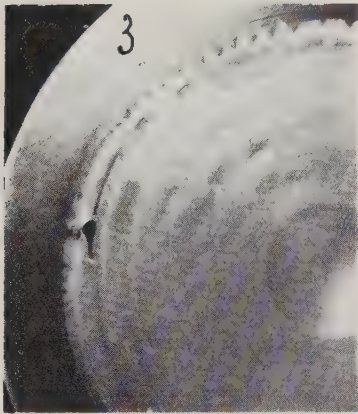
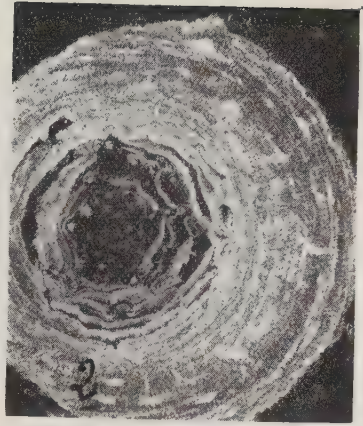
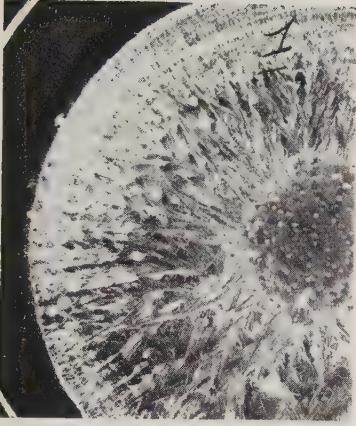


PLANCHE I.

PLANCHE II

PHOTOGRAPHIE I : Représente la figure de cristallisation d'un sang conservé 18 jours et dilué à 10 0/0 dans l'eau.

PHOTOGRAPHIE II : Sang de 18 jours. Dilution à 1/10.000 dans NaCl à 8 0/00. Verre sec.

PHOTOGRAPHIE III : Sang de 18 jours. Dilution à 1/10.000 dans NaCl à 8 0/00. Verre mouillé.

PHOTOGRAPHIE IV : Sang de 2 jours. Dilution à 1/10 dans eau.

PHOTOGRAPHIE V : Sang de 15 jours. Dilution à 1/10 dans eau.

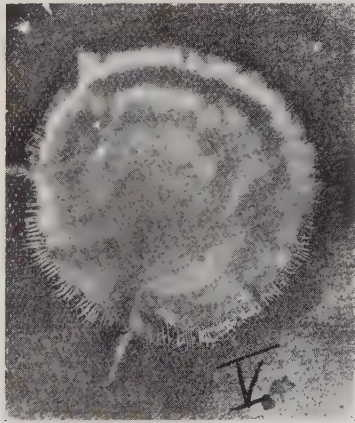
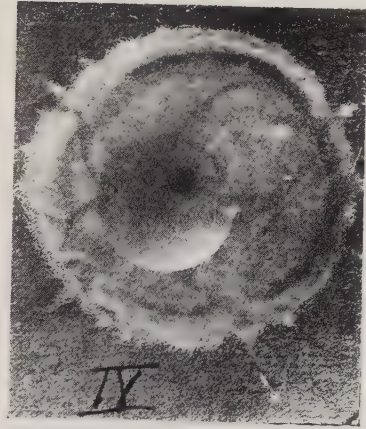
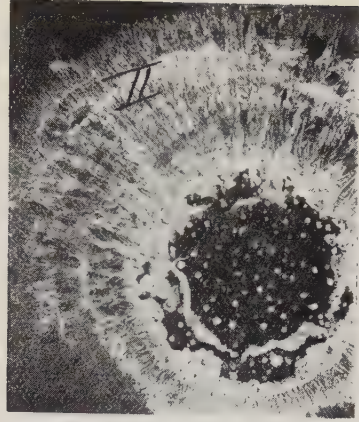
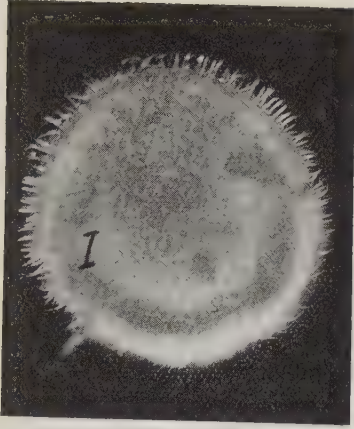


PLANCHE II.

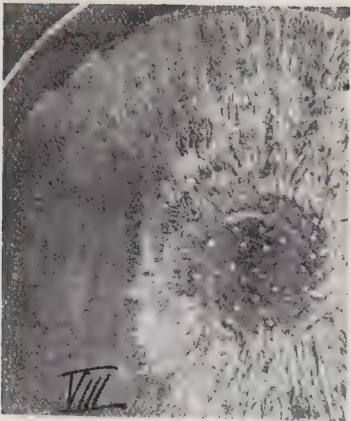
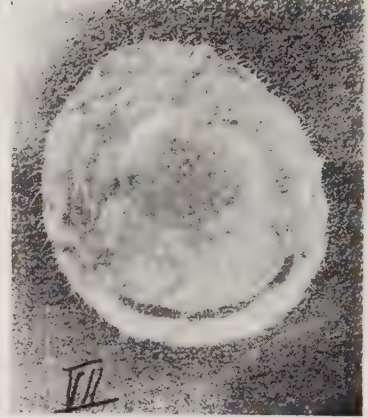


PLANCHE III.

PHOTOGRAPHIE VI : Sang de 41 jours. Dilution à 1/40 dans eau.

PHOTOGRAPHIE VII : Sang de 6 jours. Dilution à 1/40 dans eau.

PHOTOGRAPHIE VIII : Sang frais. Dilution à 1/10.000 dans NaCl à 8 0/00.

PHOTOGRAPHIE IX : Sang frais. Dilution à 1/10 dans eau.

IX. — *Etude de l'état électrique du sang conservé.*

Les premiers auteurs qui se sont occupés du sang conservé (1) avaient remarqué des variations importantes se produisant dans la vitesse de sédimentation. Ils avaient noté que celle-ci diminue et s'annule bientôt en quelques jours. Lors de nos premières recherches, il y a deux ans, nous nous sommes demandé si l'état électrique du sang et ses modifications possibles et mêmes probables n'étaient pas à l'origine de cette modification de la sédimentation. Cet état de fait eût traduit obligatoirement des modifications physico-chimiques.

Cet état électrique a été étudié suivant trois techniques :

- 1° par l'étude des modifications apportées à la sédimentation par un champ électrique;
- 2° par les variations du déplacement des hématies dans un champ électrique réel (cataphorèse);
- 3° par l'analyse électrocapillaire.

1° Influence d'un champ électrique sur la sédimentation.

Nous avons déjà publié, en 1937, puis en 1938, nos premiers résultats (2). Ils furent obtenus en soumettant le sang contenu dans un tube à sédimentation de Westergreen à un champ électrique dirigé de bas en haut. Nous allons résumer rapidement dans les courbes et les tableaux suivants les résultats obtenus.

Nous avons calculé par comparaison avec un tube témoin l'espace parcouru d'heure en heure, pendant 5 ou 6 heures, et après 24 heures sous l'influence du champ électrique.

(1) SIGALAS, JEANNENEY, SERVANTIE et Mlle ITEY, Recherches sur la vitesse de sédimentation du sang conservé, *Gaz. hebdomadaire des sciences médicales de Bordeaux*, 5 sept. 1937.

(2) JEANNENEY, WANGERMEZ et DELOS, Action comparative d'un champ électrique sur les hématies du sang frais et conservé à la glacière, *Gaz. hebdomadaire des sciences médicales de Bordeaux*, 17 oct. 1937; Modification des charges électriques du sang conservé à la glacière, *Archives d'électricité médicale*, juin 1938.

SANG N° 1 :

	1/2 h.	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	5 h.	6 h.	7 h.	8 h.	24 h.
Sang frais	—	- 1,5	- 6	- 12	- 10	- 8,5	- 7	—	—	+ 4
Conservé 72 h...	—	—	- 0,2	—	+ 0,5	—	- 1	—	—	9
Conservé 7 jours.	—	—	+ 0,1	—	+ 0,2	+ 0,5	+ 0,5	—	- 1	- 4
Conservé 10 jours	—	0	—	0	—	—	—	—	—	0

SANG N° 2 :

	1/2 h.	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	5 h.	6 h.	7 h.	8 h.	24 h.
Sang frais	—	+ 2	+ 1,5	—	0	- 1,5	- 2,5	- 3	—	- 4
Conservé 4 jours.	- 4,5	- 2	- 2	—	0	+ 2	+ 3,2	—	+ 5	+ 5
Conservé 8 jours.	—	0	0	—	0	—	—	—	—	0

SANGS N°s 3 et 4. — Les courbes du sang frais sont reproduites dans la figure 4. Les courbes sont modifiées au cours de la conservation comme le sang n° 1.

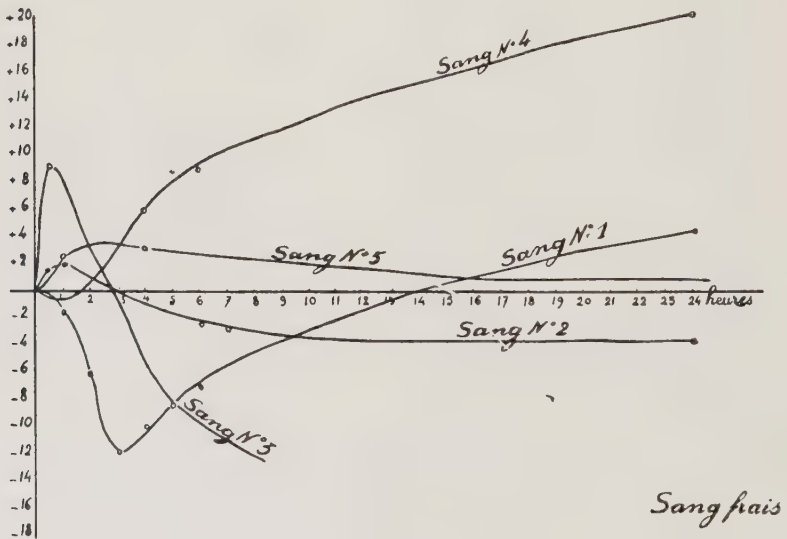


FIG. 4.

SANG N° 3 :

	1/2 h.	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	5 h.	6 h.	7 h.	8 h.	24 h.
Sang frais	+ 1	+ 2,5	+ 3	—	+ 3	—	+ 2,5	—	—	+ 4
Conservé 48 h...	—	+ 0,5	+ 1	—	+ 0,5	—	—	—	—	- 5

La figure n° 5 représente les courbes des espaces parcourus pendant les 24 heures (les espaces négatifs représentent les retards par rapport au tube témoin) par les hématies de sang frais soumises à un champ électrique de 10 volts/cm.

Il apparaît :

- a) que le sens de déplacement varie avec le sang envisagé;
- b) qu'il existe une inversion du sens de déplacement dans les 24 heures, due probablement aux phénomènes de polarisation.

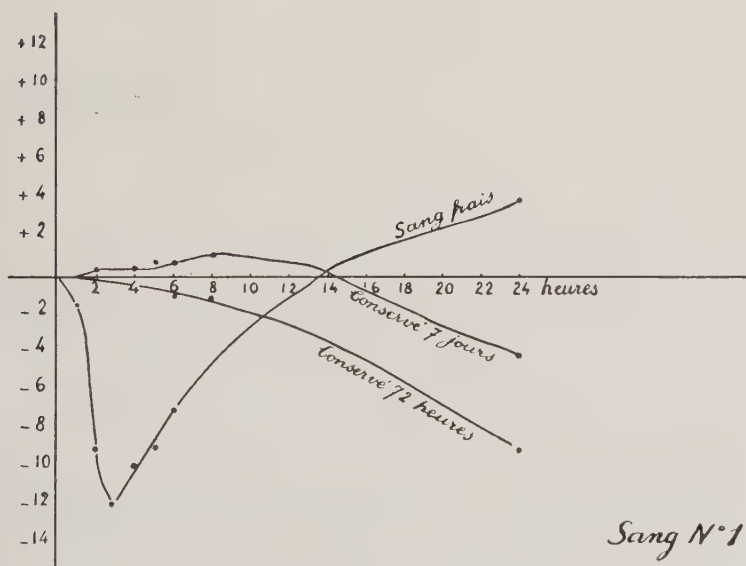


FIG. 5.

Les figures 5 et 6 représentent les modifications observées sur le sang conservé.

On note :

- a) une tendance à l'inversion ou une inversion du sens de déplacement au cours de la conservation;
- b) on retrouve toujours l'inversion du déplacement au cours des 24 heures.

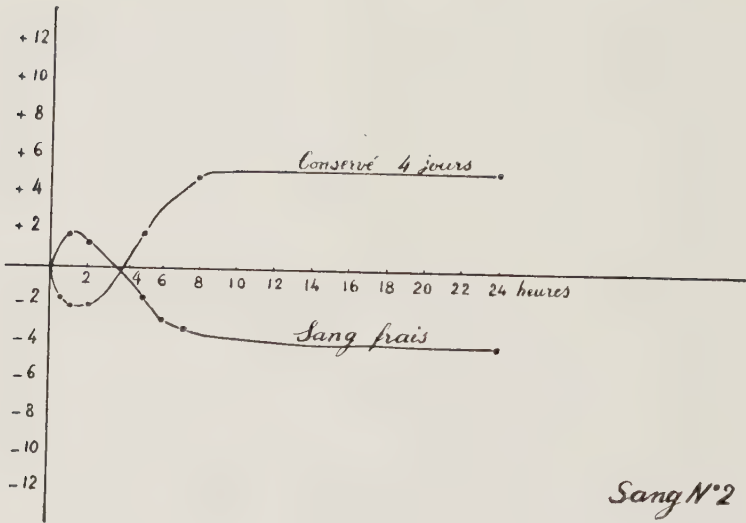


FIG. 6.

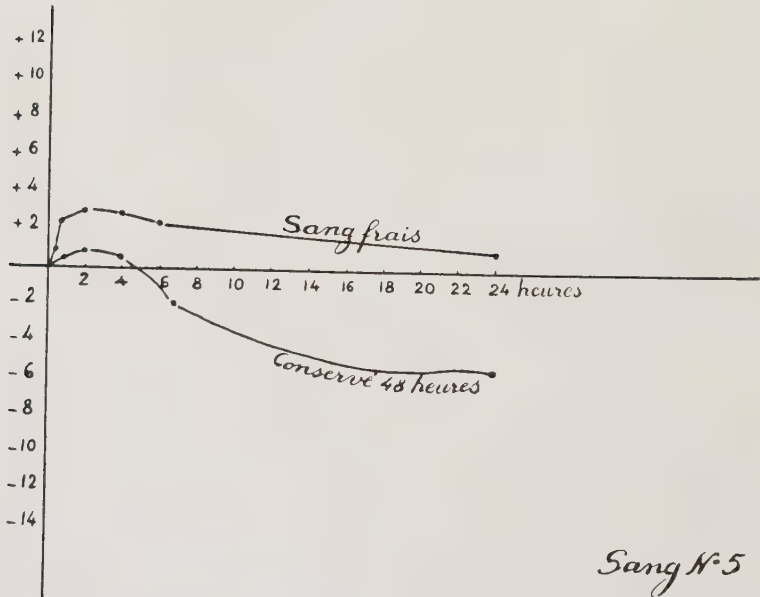


FIG. 7.

Notons enfin que, sur les sangs conservés 10 jours, le déplacement sous l'influence du champ électrique disparaît en même temps que la sédimentation dans le témoin. La charge électrique semble donc un facteur secondaire dans la disparition de la sédimentation du sang conservé.

Dans une autre série de mesures, nous avons utilisé des champs d'intensité variable, allant de 4 à 110 volts par centimètre; les résultats ci-dessous sont tous afférents à un champ ramené à 4 vols par centimètre :

SANG N° 6, recueilli le 4 janvier 1938.

	Sédimentation dans tube témoin	Sédimentation sous champ électrique	Différence
4 janvier 1938 (sang frais) :	—	—	—
Lecture après 2 heures..	3	7	+ 2
Lecture après 4 heures..	13,5	17	+ 2,5
Lecture après 24 heures..	60	75	+ 15
7 janvier 1938 (conservé 3 jours) :			
Lecture après 2 heures..	12	9	— 3
Lecture après 14 heures..	29	21	— 8
Lecture après 22 heures..	30	21	— 9
13 janvier 1938 (conservé 9 jours) :			
Lecture après 2 h. 1/2..	2	1,5	— 0,5
Lecture après 4 h. 1/2..	3	2,5	— 0,5
Lecture après 5 h. 1/2..	3	3,5	+ 0,5
Lecture après 24 heures..	8,5	13	+ 4,5
26 janvier 1938 (conservé 22 jours) :			
Lecture après 2 heures..	2	2,5	+ 0,5
Lecture après 15 heures..	5	6	+ 1

SANG N° 7, recueilli le 11 janvier 1938.

	Sédimentation dans tube témoin	Sédimentation sous champ électrique	Différence
11 janvier 1938 (sang frais) :	—	—	—
Lecture après 2 heures..	2	2	
14 janvier 1938 (conservé 3 jours) :			
Lecture après 2 heures..	1	1	+ 0,3
Lecture après 3 heures..	2	2,5	+ 0,5
Lecture après 16 heures..	12	16	+ 4
Lecture après 24 heures..	13,5	20	+ 6,5
21 janvier 1938 (conservé 13 jours) :			
Lecture après 4 heures..	6	6	Ω
Lecture après 24 heures..	2,5	4	+ 1,5

SANG N° 8, recueilli le 12 janvier 1938.

	Sédimentation dans tube témoin	Sédimentation sous champ électrique	Différence
12 janvier 1938 (sang frais) :			
Lecture après 1 heure...	14	12	— 2
Lecture après 2 heures..	36	36	0
Lecture après 20 heures..	72	78	+ 6
18 janvier 1938 (conservé 6 jours) :			
Lecture après 2 heures..	ε	ε	0
Lecture après 24 heures..	4	4	0
23 janvier 1938 (conservé 13 jours) :			
Lecture après 2 heures..	1,5	2	+ 0,5
Lecture après 4 heures..	3	4	+ 1
Lecture après 16 heures..	9	16	+ 7

SANG N° 9, recueilli le 28 janvier 1938.

	Sédimentation dans tube témoin	Sédimentation sous champ électrique	Différence
28 janvier 1938 (sang frais) :			
Lecture après 1 heure ...	9	9	0
Lecture après 3 h. 1/2..	35	37	+ 2
Lecture après 24 heures..	88	88	0
7 février 1938 (conservé 10 jours) :			
Lecture après 2 heures..	ε	ε	0
Lecture après 24 heures..	4	3	— 1

SANG N° 10, recueilli le 28 janvier 1938.

	Sédimentation dans tube témoin	Sédimentation sous champ électrique	Différence
28 janvier 1938 (sang frais) :			
Lecture après 3 heures..	9	12	+ 3
Lecture après 24 heures..	67	67	0
7 février 1938 (conservé 10 jours) :			
Lecture après 2 heures..	ε	ε	0
Lecture après 24 heures..	4	3	— 1

SANG N° 11, recueilli le 31 janvier 1938.

	Sédimentation dans tube témoin	Sédimentation sous champ électrique	Différence
31 janvier 1938 (sang frais) :			
Lecture après 1 heure ...	24	35	+ 11
Lecture après 2 heures..	58	77	+ 19
Lecture après 24 heures..	107	108	+ 1
3 février 1938 (conservé 3 jours) :			
Lecture après 2 heures..	0	0	0

SANG n° 19, recueilli le 14 mars 1938.

	Sédimentation dans tube témoin	Sédimentation sous champ électrique	Différence
—			
14 mars 1938 (sang frais) :			
Lecture après 30 minutes.	6	7	+ 1
Lecture après 1 heure...	19,5	21,5	+ 2
Lecture après 1 h. 1/2...	25,5	27,5	+ 2
Lecture après 2 heures..	40	42	+ 2
Lecture après 3 h. 1/2...	58	57	— 1
Lecture après 4 h. 1/2...	65,5	63	— 2,5
Lecture après 24 heures..	100	95	— 5

18 mars 1938 (conservé 4 jours) :			
Lecture après 1 heure...	7,5	10	+ 2,5
Lecture après 2 heures..	16,5	20,5	+ 4
Lecture après 2 h. 1/2...	26,5	29,5	+ 3
Lecture après 3 h. 1/2...	37,5	39,5	+ 2
Lecture après 26 heures..	96	96	0

21 mars 1938 (conservé 8 jours) :			
Lecture après 1 heure...	5	6	+ 1
Lecture après 1 h. 1/2...	10	10,5	+ 0,5
Lecture après 2 heures..	16	19	+ 3
Lecture après 3 heures..	23	30	+ 5
Lecture après 4 heures..	40	47	+ 7
Lecture après 26 heures..	107	107	0

SANG n° 20, recueilli le 4 avril 1938.

	Sédimentation dans tube témoin	Sédimentation sous champ électrique	Différence
—			
4 avril 1938 (sang frais) :			
Lecture après 20 minutes	2	1,5	— 0,5
Lecture après 1 heure..	2,9	2,2	— 0,7
Lecture après 1 h. 20..	3,6	2,7	— 0,9
Lecture après 1 h. 40..	3,8	3	— 0,8
Lecture après 1 h. 50..	5,3	4	— 1,3
Lecture après 2 h. 20..	5,4	4,7	— 1,7
Lecture après 3 h. 30..	13	8,5	— 4,5
Lecture après 24 heures..	63,5	43,5	— 20

11 avril 1938 (conservé 7 jours) :			
Lecture après 20 minutes.	ε	ε	0
Lecture après 2 heures..	2	2,5	+ 0,5
Lecture après 3 heures..	2,5	3	+ 0,5

SANG N° 21, recueilli le 25 avril 1938.

	Sédimentation dans tube témoin	Sédimentation sous champ électrique	Différence
25 avril 1938 (sang frais) :			
Lecture après 15 minutes.	2,5	1	— 1,5
Lecture après 30 minutes.	4	2,5	— 1,5
Lecture après 1 heure...	7	6	— 1
Lecture après 1 h. 30...	9,5	9	— 0,5
Lecture après 2 heures...	14	13	— 1
Lecture après 3 heures...	25	23	— 2

6 mai 1938 (conservé 11 jours) :

Lecture après 15 minutes.	0	1	+ 1
Lecture après 30 minutes.	0	1	+ 1
Lecture après 45 minutes.	0	1	+ 1
Lecture après 1 heure...	0	1	+ 1
Lecture après 1 h. 15...	2	2	0
Lecture après 1 h. 45...	2,5	2,5	0
Lecture après 2 heures...	2,5	2,5	0
Lecture après 2 h. 30...	3	2,5	+ 0,5
Lecture après 3 h. 30...	4	5	+ 1

SANG N° 22, recueilli le 2 mai 1938.

	Sédimentation dans tube témoin	Sédimentation sous champ électrique	Différence
2 mai 1938 (sang frais) :			
Lecture après 40 minutes.	37	55	+ 18
Lecture après 1 heure...	69	74	+ 5
Lecture après 1 h. 30...	88	91	+ 3
Lecture après 2 heures...	93		+ 5
Lecture après 2 h. 25...	97	101	+ 4
Lecture après 3 h. 10...	98,5	104	+ 5,5
Lecture après 3 h. 25...	100	104,5	+ 4,5

9 mai 1938 (conservé 7 jours) :

Lecture après 30 minutes.	5,5	8	+ 2,5
Lecture après 1 heure...	20	33	+ 13
Lecture après 1 h. 30...	48	68	+ 20
Lecture après 2 heures...	74	80,5	+ 6,5
Lecture après 2 h. 30...	97	90	— 7
Lecture après 3 heures...	102	93	— 9

23 mai 1938 (conservé 21 jours) :

Lecture après 1 heure...	1,5	1	— 0,5
Lecture après 2 h. 30...	2	1	— 1
Lecture après 3 heures...	2,5	1,5	— 1

Les résultats obtenus sont, quand on les examine, à première vue assez décevants. Rien de général ne ressort de la comparaison des chiffres. Aucun parallélisme dans les variations de sédimentation observées.

Pour en tirer une règle d'ordre général, ces mesures et chiffres devraient être accompagnés des mesures d'autres constantes physiques, et même d'analyses chimiques, mais

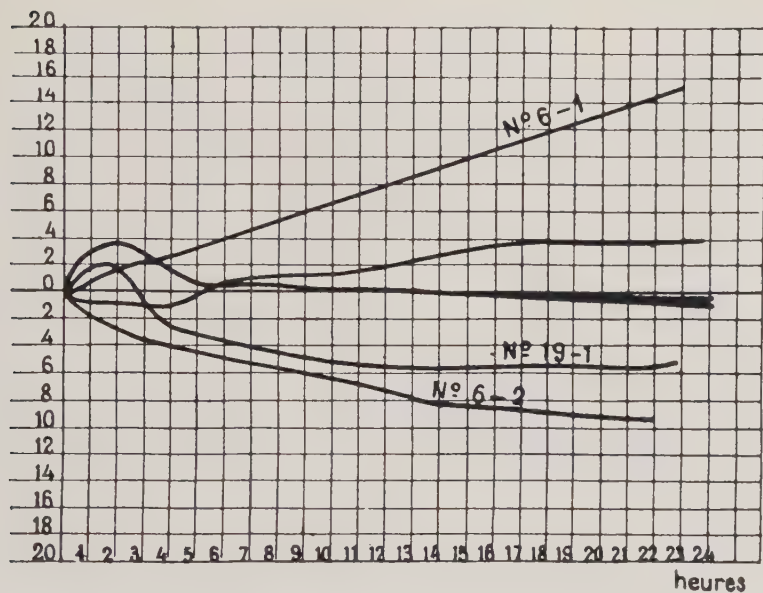


FIG. 8. — Action du champ électrique sur la vitesse de sédimentation observée pendant vingt-quatre heures.

les quantités de sang alors nécessaires sont difficiles à obtenir. Aussi bien nous recherchons par ailleurs, avec d'autres collaborateurs, les modifications de diverses constantes chimiques et biologiques que nous nous proposons de confronter avec ces résultats. Nous avons pu cependant prendre quelques mesures comparatives, et nous avons commencé des mises au point sur le sang d'animal. Peut-être viendront-elles jeter un jour nouveau sur nos observations faites chez l'être humain.

De l'examen des tableaux ci-dessus, on peut cependant déjà tirer quelques conclusions partielles qui semblent intéressantes :

1° Si l'on suit l'action du champ électrique sur la sédimentation pendant 24 heures, on retrouve des courbes du type de la figure 8 analogues à celles déjà signalées dans notre travail d'octobre 1937. L'inversion de la charge électrique est

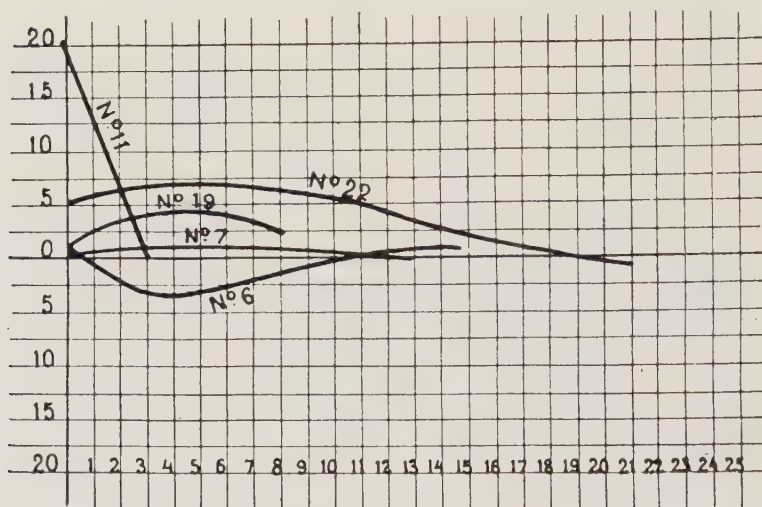


FIG. 9. — Représentation graphique en fonction du temps de conservation de la différence de chemin parcouru sous l'influence du champ électrique après deux heures d'action de ce champ.

fréquente, et, dans tous les cas, on observe un changement de sens, c'est-à-dire un maximum ou un minimum d'action dans les premières heures d'observation.

2° Si l'on cherche les variations de $\frac{DV}{V}$ en fonction du temps de conservation, on obtient des courbes très variées, mais qui, toutes, tendent vers zéro. Quelques courbes sont particulièrement aberrantes. Ces anomalies paraissent dues au mode de conservation.

Un certain nombre de sangs sur lesquels nous avons expérimenté étaient recueillis dans un seul ballon. Chaque prise

en vue d'une mesure était faite dans le ballon après agitation. Or, cette agitation semble produire des phénomènes d'hémolyse avec perturbations des constantes physiques.

Le sang stocké semble, par conséquent, devoir être conservé dans un repos aussi complet que possible. Les sangs 19, 20, 21 et 22, prélevés dans plusieurs ballons laissés bien au repos dans la glacière (le contenu de chaque ballon était destiné à une mesure), ont donné des résultats beaucoup plus réguliers et plus parallèles. Les modifications paraissent qualitativement identiques. Il semble que la couche de leucocytes protège la couche d'hématies de toute altération, et l'un de nous a déjà remarqué que les trépidations subies par certains frigidaires sont préjudiciables à la bonne conservation du sang.

3° L'action du champ électrique cesse complètement de se faire sentir quand la sédimentation disparaît. Les charges électriques sont alors considérablement perturbées, mais rien ne permet d'affirmer qu'elles soient nulles. Il s'agit plutôt de modifications dans la structure de l'hématie, qui ne répond plus ni aux forces de pesanteur, ni aux forces électriques.

2° Etude de l'état électrique du sang par cataphorèse.

Par cataphorèse, on entend le déplacement des particules chargées électriquement sous l'influence d'un champ électrique existant dans un milieu. L'électrolyse paraît être un cas particulier de cataphorèse. Et c'est précisément cette électrolyse qui a été pour nous un écueil important dans nos travaux, car elle transforme le milieu intime du sang et nous donne des valeurs erronées de sédimentation. Aussi, sur les conseils de notre Maître, avons-nous pu réaliser deux électrodes diminuant au maximum les inconvénients de l'électrolyse et constituées comme suit :

Chaque électrode est constituée par un tube de verre deux fois recourbé, dont l'extrémité, dirigée vers le bas, est

effilée; ce tube est rempli dans sa plus grande partie par de la gélatine salée, laquelle est surmontée par du sérum physiologique, dans lequel plonge un fil d'argent recouvert de chlorure d'argent.

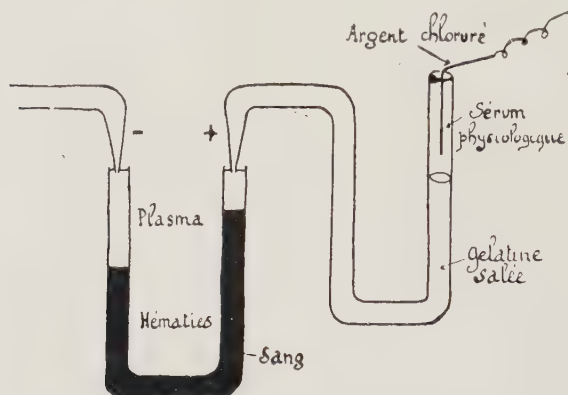


FIG. 10. — Schéma des électrodes impolarisables.

Le tube contenant le sang est un tube en U : les deux électrodes plongent par leur extrémité effilée dans chaque ouverture du tube.

S'il n'y a pas de courant, la sédimentation est égale dans chaque branche.

Si le courant passe, une dénivellation apparaît, qui nous indique le signe et est proportionnelle à la valeur des charges électriques déplacées.

Voici quelques résultats obtenus par cette méthode :

SANG N° 72.

1° Frais :

	Séd. pôle — (mm.)	Séd. pôle + (mm.)
0	0	0
15 minutes	0	2
1 heure	9	12
2 heures	20	25
2 h. 30	21	27

	Séd. pôle — (mm.)	Séd. pôle + (mm.)
2° Après 15 jours :		
0	0	0
1 heure	1	1,5
2 heures	2	3
3 heures	3	4,5
4 heures	4	6

3° Après 30 jours :

0	0	0
5 heures	0	0

SANG b. défibriné.

1° Frais :

0	0	0
15 minutes	1	0,5
1 heure	2	1
2 heures	4	1,5
3 heures	6	4
4 heures	8	5,5

2° Après 10 jours :

0	0	0
1 heure	0	0
2 heures	0	2
3 heures	0	1

3° Etude capillaire de l'état électrique du sang.

Basée sur les travaux de Kopaczewski, l'analyse électro-capillaire nous a paru propre à nous renseigner sur la valeur des variations de l'état électrique du sang conservé. En effet, une publication hollandaise parue en 1925 (Mlle Sluiter, *Arch. néerl. physiol.*, 10, p. 340), analysée dans un article de M. le Professeur agrégé Piéchaud, nous dit que :

« Par la méthode d'ascension verticale, elle est arrivée à découvrir deux faits importants : le rôle de la fibrine et le transport des globules rouges au long des fibres de papier.

» La hauteur d'ascension était faible avec du sang citraté, plus élevée avec du sang défibriné, et au maximum quand la dissémination des globules rouges avait été effectuée par la solution de Ringer et non dans le plasma du sang. Mlle Sluiter est arrivée à observer microscopiquement le cheminement des globules rouges le long des fibres de papier-filtre. L'adsorption du sang donne une première surface sombre, constituée par la masse des globules. Au-delà de cette surface s'étale une bande claire, attribuée aux éléments liquides du plasma.

» Cette zone claire, au lieu de disparaître insensiblement dans le papier, est limitée par une petite bordure sombre. Le mérite de Mlle Sluiter a été de montrer qu'elle était constituée de quelques globules rouges emportés par le liquide et déposés sur la limite la plus externe de l'étalement. »

Il paraîtrait donc que le papier filtre agirait comme s'il était doté d'une charge électro-positive attirant le plus haut les particules électro-négatives et soulevant même au-dessus de la ligne d'émergence des bandelettes de grosses particules électrisées comme les globules rouges.

Nos expériences furent réalisées comme suit :

Dans une éprouvette cylindrique de 25 centimètres de hauteur, on introduit 2 cm³ de sang citraté en les déposant au fond avec une pipette afin de ne pas en souiller les parois. La bandelette de papier-filtre de 1 centimètre de large est fixée à une plaque de liège qui vient obturer l'orifice de l'éprouvette. La longueur de la bandelette est telle que son extrémité inférieure vient affleurer la surface du sang du récipient. On laisse le tout au repos le plus complet pendant 24 heures.

L'ascension se fait tout d'abord sur une faible hauteur par le sang total, d'où coloration rouge; bientôt apparaît une zone beaucoup moins teintée, qui s'élève jusqu'à la limite

ascensionnelle du plasma, et qui est bordée par un liséré plus foncé.

Les clichés qui précèdent et les résultats suivants ont été obtenus avec la collaboration de Mlle Berthommé :

SANG N° 71.

Durée de conservation.	Hauteur d'ascension
0 jour	105
4 jours	106
8 jours	93
14 jours	72
25 jours	82
28 jours	65
39 jours	101
43 jours	68
46 jours	53

SANG N° 38.

Durée de conservation	Hauteur d'ascension
0 jour	120
15 jours	68

SANG N° 51.

Durée de conservation	Hauteur d'ascension
0 jour	130
4 jours	91
6 jours	112
12 jours	38
25 jours	101
45 jours	95

X. — *Considérations générales sur les résultats obtenus.*

Dès 1933, Jeanneney, Servantie et Vieroz avaient montré que, dans le sang conservé, le nombre d'hématies ne change pas; seule leur forme est fortement modifiée. Du troisième

au sixième jour, on voit les hématies se denteler, se crénelier, se festonner; elles semblent ensuite reprendre une forme normale avec diminution du diamètre. Il est bien évident qu'il faut actuellement revenir sur les limites de temps attribuées au phénomène. Ces modifications peuvent dépendre de la conservation et sont, en particulier, retardées quand on prend toutes les précautions indispensables pour le prélèvement et la conservation.

Waitz, de Strasbourg, étudiant à l'ultra-microscope ces globules rouges, les a vus expulser une substance granuleuse et filamenteuse, différente de l'hémoglobine. Ce processus, appelé *hématodoxie* par Waitz, est, sans doute, à l'origine des modifications observées.

Ces échanges entre le globule rouge et le plasma traduisent évidemment d'importantes modifications dans la perméabilité globulaire. Ces échanges perturbés deviennent évidents lorsque apparaît l'hémolyse et que l'hémoglobine peut être décelée dans le plasma soit à l'œil nu, soit au spectroscope.

Certains auteurs, et même tous les auteurs qui se sont occupés du sang conservé, se sont demandé jusqu'à quel moment ce sang peut être considéré comme un tissu vivant, et on a essayé de rechercher différents tests permettant de délimiter le temps pendant lequel un sang conservé à la glacière pouvait efficacement être injecté. Au cours de ses recherches sur les modifications chimiques du sang conservé, Servantie semble avoir montré que le dosage du potassium dans le plasma constitue un test intéressant sur la valeur globulaire.

Nous nous sommes demandé dès le début de notre étude physique si les modifications de certaines constantes nous permettaient de juger de la valeur du sang conservé. Il faut le dire dès maintenant, si des variations permettent de confirmer la réalité des échanges entre le globule et le plasma et si ces variations permettent d'affirmer des modifications dans la structure des éléments du sang, elles ne sont pas

assez importantes pour entraîner, du point de vue constantes physiques (et il faut bien spécifier que nous parlons ici uniquement de ces constantes physiques), la preuve d'une différence importante entre le sang frais et le sang bien conservé pendant plusieurs semaines et même hémolysé. Nous n'avons décelé que quelques modifications brusques, pouvant indiquer une transformation brutale du milieu, et ce, habituellement, sur des sangs dont la conservation laissait à désirer. Assez souvent, après avoir observé des variations progressives dans un sens, on en observe en sens contraire, avec une tendance à revenir vers le chiffre primitif.

On sait que Perles a montré que la densité du sang se modifie et augmente pendant l'asphyxie. Sur un chien chloralosé, la densité passe de 1,057 à 1,065 après asphyxie de 4 minutes. La densité du sérum passant de 1,027 à 1,029. La disparition de l'oxyhémoglobine peut donc modifier à elle seule cette densité. Les variations que nous avons observées sont cependant plus importantes et sont la résultante de phénomènes plus complexes.

Frei a, d'autre part, montré que la conductibilité dépend non seulement de la teneur en électrolytes, mais aussi de la concentration en colloïdes. Bugarsky et Tangl, Gramm et Cullen et, enfin, Atchley et Nichols, ont même donné des coefficients permettant de calculer la teneur en protéine, connaissant la conductivité. En réalité, la question paraît assez complexe, et, selon Mellamby, il existerait deux classes de protéines : 1° celles qui forment des complexes avec les ions électrolytiques, elles représenteraient 80 p. 100 du poids total des protéines; et 2° celles qui ne forment pas de complexes.

Ces notions nous font prévoir que des modifications dans la structure des protéines seront susceptibles de modifier la conductibilité. Nous avons mesuré les variations de la conductibilité à différentes dilutions pour rechercher, comme l'ont préconisé Lasseur, Girardet et Vermelin, des différences

de constitution qui peuvent passer inaperçues sur le plasma pur. Ces mesures nous ont montré, en effet, que les variations sont loin d'être représentées par des courbes parallèles et même analogues, en particulier le rapport de Rimattei $\frac{\lambda' 0,001}{\lambda 0,01}$ augmente au début de la conservation, pour diminuer quand le sang est depuis longtemps à la glacière.

Faut-il en conclure que le sang conservé, qui sédimente lentement au bout de quelques jours, comme le sang des individus bien portants, serait supérieur au sang frais, même au point de vue degré d'immunité, comme le pense Rimattei? Nous n'osons pas aller jusqu'à cette conclusion, bien que la question mériterait, semble-t-il, une étude plus approfondie.

En ce qui concerne la tension superficielle, les relations entre la composition chimique et les structures moléculaires sont encore assez imprécises.

Cependant les substances à molécules tensio-actives modifient l'établissement de la tension statique; c'est donc surtout les variations de cette dernière qui paraissent intéressantes. Nous avons vu plus haut que ces variations observées sont assez concordantes, mais que, dans l'ensemble, elles sont assez minimes et ne paraissent pas traduire de modifications importantes.

Les mesures de viscosité d'un liquide comme le plasma citraté sont d'une interprétation difficile. On sait cependant que les recherches de Loeb sur les protéines ont montré qu'il y a là une méthode extrêmement sensible pour mettre en évidence les changements physico-chimiques des colloïdes, et en particulier des colloïdes hydrophiles.

D'après Naegeli, la viscosité du sérum ne dépendrait aucunement de la teneur en sel ni de la teneur en CO_2 , mais uniquement de la teneur en albuminoïdes. Leur influence sur la viscosité serait 40 à 60 fois plus grande que les corps non albuminoïdes. La mesure de la viscosité pourrait, d'après cet auteur, servir à estimer le contenu du sérum en protéines.

Voici quelques chiffres donnés par lui :

Viscosité relative	Contenu en protéines %
—	—
1,43	5
1,46	5,5
1,57	6
1,61	7
1,72	8
1,84	9

En réalité, de nombreux travaux montrent que, si l'on peut obtenir ainsi des renseignements qualitatifs, il ne semble pas qu'on puisse parler de dosage.

Cluzet et Chevallier ont, d'ailleurs, trouvé de grandes variations de viscosité du sérum en fonction de la concentration ionique, la quantité de protéines restant invariable. Point assez curieux, ils trouvent, en ajoutant de la soude à du sérum, un accroissement progressif de la viscosité proportionnelle à la quantité de soude, puis, après passage par un maximum, une décroissance de cette viscosité.

Ces quelques exemples suffisent pour bien montrer la nécessité d'être très prudent dans l'interprétation des résultats observés.

L'indice réfractométrique devrait théoriquement nous donner des renseignements très importants. Reiss a donné des tables rattachant la valeur de l'indice à la teneur en protéines.

Signalons en passant que Achard et Touraine ont observé des variations parallèles de la densité et de l'indice du sérum sanguin, indiquant des modifications des albumines.

Chalier, Boulud et Chevalier ont cherché à voir les modifications parallèles de la viscosité. Il semble que cette dernière constante n'a aucun rapport avec le taux des albumines. L'indice de réfraction, au contraire, pourrait en permettre le dosage.

Nos mesures confirmeraient donc le passage d'albumine du globule dans le plasma.

Les quelques considérations qui précèdent montrent tout l'intérêt qui résulterait de l'étude complète et de leur comparaison d'un certain nombre de constantes physiques du sang conservé.

Les événements nous forçant à publier un travail inachevé, nous regrettons de ne pouvoir insister ici que sur les constantes les plus banales.

CONCLUSIONS

I. — En vue de rechercher pendant combien de temps le sang conservé à la glacière reste identique à lui-même et peut être transfusé, nous avons, depuis deux ans, étudié les variations d'un certain nombre de ses constantes physiques.

II. — Une première série de mesures nous a montré que la façon de recueillir le sang et la manière de le conserver avaient une grande importance sur son altération. Nous avons mis ainsi rapidement en évidence l'importance de l'agitation, qui favorise rapidement l'hémolyse, sans toutefois, semble-t-il, rendre le sang impropre aux usages cliniques.

III. — Pendant les premières semaines, les constantes physiques se modifient très peu. Il semble donc, et ceci paraît en accord avec la clinique, que le sang puisse être conservé à la glacière en vue de la transfusion pendant trois à quatre semaines, mais ceci en l'absence de tout transport agité, le sang restant bien au repos dans la glacière.

IV. — Ultérieurement, les modifications physiques observées sont également faibles, et il est probable qu'il serait possible, en prenant certaines précautions, d'injecter du sang conservé pendant plusieurs mois. Le liquide alors injecté représenterait une solution d'hémoglobine naturelle qui peut être aussi intéressante que les solutions d'hémoglobine arti-

ficielle. Ce dernier point serait à vérifier expérimentalement sur l'animal.

V. — Notre ébauche d'étude des phénomènes électriques, interrompue par les événements actuels, paraît devoir donner des renseignements intéressants pour l'avenir.

SERMENT

En présence des Maîtres de cette Ecole, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Reconnaissant envers mes Maîtres, je tiendrai leurs enfants et ceux de mes confrères pour des frères, et, s'ils devaient apprendre la médecine ou recourir à mes soins, je les instruirais et les soignerais sans salaire ni engagement.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honoré à jamais parmi les hommes; si je le viole et que je me parjure, puisse-je avoir un sort contraire.

VU, BON A IMPRIMER :

Le Président,

WANGERMEZ.

VU : *Le Doyen,*
PIERRE MAURIAC.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Bordeaux, le 27 septembre 1939.

Le Recteur de l'Académie,

G. BOUSSAGOL.

BIBLIOGRAPHIE

CHAPITRE PREMIER.

- JEANNENEY (G.) et RINGENBACH (G.). — La transfusion du sang conservé. *La Médecine*, févr. 1939.
- BALAKOWSKI et GUINSBOURG. — La transfusion du sang conservé. *Le Sang*, juin 1934.
- COUTURAT. — Transfusion du sang citraté et conservé à la glacière. *Presse médicale*, 27 mai 1936.
- FOURESTIER et PAILLAS. — Le sang conservé pour la pratique de la transfusion. *Annales médico-chirurgicales*, mai-juin 1938.
- JEANBRAU. — La transfusion du sang citraté. *Bull. Soc. de chir. de Paris*, 11 juill. 1917.
- JEANNENEY, SERVANTIE et JULLIEN-VIEROZ. — Transfusion du sang conservé plusieurs jours en pratique médico-chirurgicale. Soc. anat.-clin. de Bordeaux, 14 mai 1934, *Journ. de méd. de Bordeaux*, 20 sept. 1934.
- JEANNENEY et JULLIEN-VIEROZ. — Transfusion sanguine avec du sang conservé de six à quinze jours. *Bordeaux chirurgical*, oct. 1934.
- La transfusion du sang conservé. Soc. nat. de chir. de Paris, déc. 1934.
- JEANNENEY. — La transfusion du sang. *Feuillets médicaux*, Maloine, édit., Paris, 1936.
- JULLIEN-VIEROZ. — La transfusion du sang conservé chez l'homme. Thèse Bordeaux, 1935.

CHAPITRE II.

- JEANNENEY (G.) et RINGENBACH (G.). — La transfusion du sang conservé. *La Médecine*, févr. 1939.
- Rapports et communications au II^e Congrès international de la transfusion sanguine. Paris, oct. 1937.

GNOINSKI. — Les modifications du sang conservé plusieurs jours (jusqu'à trois mois) et son effet thérapeutique.

CHAPITRE III.

SIGALAS, JEANNENEY, SERVANTIE et ITEY (Mlle). — Recherches sur la vitesse de sédimentation du sang conservé. *Gaz. hebd. des sc. méd. de Bordeaux*, n° 36, 5 sept. 1937.

JEANNENEY et RINGENBACH. — Densité du sang et choc transfusionnel. Académie des sciences, 8 juin 1938.

TZANCK (A.) et DREYFUS (A.). — Le comportement des plaquettes et des leucocytes dans le sang conservé. *Le Sang*, t. XI, n° 6, p. 606.

ACHARD, CODOUNIS et HADJIGEORGES. — Recherches sur le mécanisme de la S. G. Etude comparative de l'influence des éléments figurés du sang, des colloïdes, de certaines cristalloïdes et de la R. A. *Arch. des maladies du cœur, des vaisseaux et du sang*, nov. 1931, n° 11.

ABDERHALDEN. — L'influence des protéines plasmatiques sur la V.S. *Munch. Med. Wochen.*, 1921, p. 273.

BALACHOWSKY. — Mécanisme intime de la sédimentation. L'hémotomie. Soc. méd. des hôp., 17 juill. 1925.

HOEBER. — Sur le mécanisme de la sédimentation globulaire; le rôle de la charge électrique des globules. *Pflinger. Arch.*, 1904, t. CI, p. 627, et t. CII, p. 196.

DIKORAN, DERVICHIAN et MACHEBOEUF. — Sur l'existence d'une couche monomoléculaire de substances lipoidiques à la surface des globules rouges du sang. *Bull. Acad. des sc.*, 16 mai 1938.

WANGERMEZ, JEANNENEY et DELOS. — Action comparative d'un champ électrique sur les G. R. du sang citraté frais et conservé à la glacière. *Gaz. hôp.*, 17 oct. 1937.

— Réflexions sur les charges électriques des éléments du sang. *Gaz. des sc. méd. de Bordeaux*, 17 oct. 1937.

WANGERMEZ et JEANNENEY. — Charge électrique du sang conservé. Rapport et communication au II^e Congrès international de la transfusion sanguine, Paris, oct. 1937.

- KOPACZEWSKI. — L'analyse électrocapillaire et le procédé Gutta-diaphot. *Journ. de méd. de Bordeaux*, 10 déc. 1933.
- RAJOUSKY. — La sédimentation sanguine, phénomène colloïdal. Thèse Lyon, 1934.
- NICOLAS. — Contribution à l'étude de la sédimentation globulaire chez les tuberculeux. Influence de l'état électrique du sang. Thèse Bordeaux, 1939.
- DUTASTA. — Contribution à l'étude de la sédimentation globulaire chez les cancéreux. Influence d'un champ électrique sur la sédimentation. Thèse Bordeaux, 1939.
- ACHARD et TOURAINE. — Densité et réfractométrie du sérum. *C. R. Soc. de biol.*, 27 juill. 1912.
- CLUZET. — Viscosité, conductibilité électrique et indices photométriques du sérum sanguin acidifié. *C. R. Soc. de biol.*, 1929, t. 100, p. 1039.
- LASSEUR-GIRARDET et VERMELIN — Variations de la conductibilité électrique des sérums avec la dilution. *Bull. Soc. chim. biol.*, avril 1925, t. 7, p. 401.
- RIMATTEI — Recherches sur la conductivité électrique des sérums. *Rev. méd. de France et des colonies*, août-sept.-oct. 1931.
- CLUZET et CHEVALLIER. — Sur la viscosité et les propriétés optiques du sérum sanguin alcalinisé. *C. R. Soc. de biol.*, 1926, t. 94, p. 862.
- LOEB. — Les protéines. Traduit par Mouton, Alcan, édit., Paris, 1924.

